

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
25 novembre 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/102505 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G08G 5/04

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/001201

(22) Date de dépôt international : 14 mai 2004 (14.05.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/05795 14 mai 2003 (14.05.2003) FR  
03/13260 12 novembre 2003 (12.11.2003) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur : VILLIERS, Jacques [FR/FR]; 68, boulevard  
Péreire, F-75017 Paris (FR).

(74) Mandataires : ALLANO, Sylvain etc.; Pontet Allano &  
Associés Selarl, 25, rue Jean Rostand, Parc-Club Orsay-  
Université, F-91893 Orsay Cedex (FR).

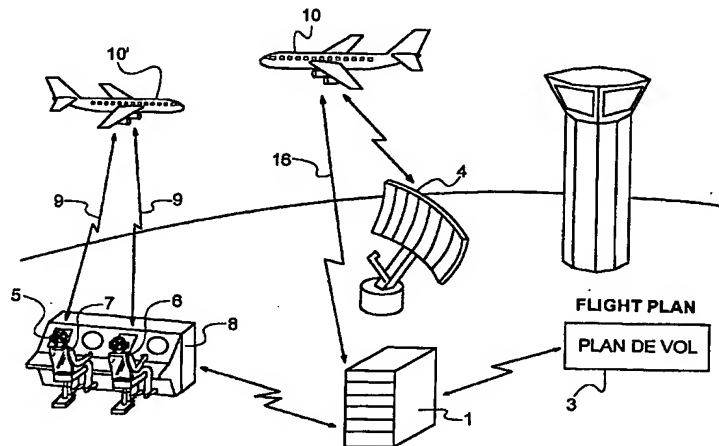
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR PROVIDING AUTOMATIC ASSISTANCE TO AIR TRAFFIC CONTROLLERS

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE D'ASSISTANCE AUTOMATISÉE AUX CONTRÔLEURS DE LA CIRCULATION AÉRIENNE



(57) Abstract: A progressive automatic assistance device for air traffic control which can be adapted to a fully automated system, designed to form part of an air traffic control system comprising a computer (1) which is programmed to receive flight plan (3) information relating to planes and radars (4) and able to elaborate them for presentation (5) to a controller operator (6) and to elaborate and display (12) a time-ordered list, i.e. a controller agenda, of conflicts (13). Said device is configured in such a way that it can establish and update a list of conflicts, i.e. a computer agenda, based on the information and calculating means that the computer solutions to conflicts indicated in the computer agenda, in order to exchange messages between the computer and the controllers (6) via screens (5), and in order to cause and implement the avoidance of planes.

(57) Abrégé : Dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne, et susceptible d'évoluer vers un système entièrement automatisé, prévu pour équiper un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur (1) programmé pour recevoir les informations

[Suite sur la page suivante]



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

concernant des plans de vol (3) d'avions et des Radars (4) et les élaborer pour les présenter (5) à un opérateur contrôleur (6), et pour élaborer et afficher (12) une liste, dite "Agenda Contrôleur", ordonnée dans le temps, des conflits (13). Ce dispositif est agencé pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur", sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur, pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur, pour procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs (6) par la voie d'écrans (5), et pour élaborer et mettre en oeuvre des évitements des avions.

«Dispositif et procédé d'assistance automatisée aux contrôleurs de la circulation aérienne»

La présente invention concerne un dispositif convivial et évolutif d'assistance automatisé aux contrôleurs de la circulation aérienne susceptible d'évoluer vers un système  
5 entièrement automatisé. Elle vise également un procédé mis en œuvre dans ce dispositif.

Les systèmes de contrôle de la circulation aérienne ont pour fonction de prévenir les abordages et d'assurer l'écoulement sûr et efficace du trafic aérien. L'ensemble des décisions et la responsabilité de la sécurité reposent actuellement exclusivement sur les contrôleurs de la circulation aérienne.

10 Chaque équipe assure le contrôle sur une fraction déterminée de l'espace aérien, dite secteur de contrôle. Cette équipe est formée d'un contrôleur Radar et d'un assistant plus particulièrement chargé de la stratégie et de la coordination avec les secteurs adjacents.

Le rôle des ordinateurs se limite actuellement à acquérir, corréler, élaborer et  
15 présenter automatiquement aux contrôleurs, sous la forme et au moment appropriés, les informations sur la position actuelle (Radar) et les intentions de vol (Plans de vol) de chaque avion pris isolément.

Les ordinateurs ne procèdent pas au calcul systématique de prévision des positions relatives des avions pris deux à deux et a fortiori de la probabilité d'une collision entre  
20 eux, sauf pour provoquer une alarme ultime en cas de danger de collision imminente (filet de sauvegarde).

Les capacités perceptives, cognitives et mnémoniques des contrôleurs limitent la quantité et la précision des informations que, en temps réel, ils peuvent effectivement acquérir, retenir et soumettre au calcul mental, notamment pour évaluer les positions  
25 relatives actuelles et futures des avions deux à deux.

Du fait du flou dans lequel ils opèrent, les contrôleurs sont contraints de prendre des marges importantes dans leurs évaluations ; ils retiennent ainsi de nombreuses paires d'avions « problèmes » et procèdent à une surveillance constante de l'évolution de la situation, consommatrice de temps et d'attention, afin de s'assurer au fur et à mesure de  
30 l'écoulement du temps, qu'ils ne constituent pas des « conflits » effectifs nécessitant une action d'évitement. Ils sont amenés à traiter en permanence l'ensemble du trafic comme un tout; ils élaborent à cet effet une stratégie d'ensemble et une tactique progressivement adaptée à l'évolution de la situation et de leur charge de travail.

La saturation de la capacité du système résulte ainsi de l'utilisation partielle d'une information floue entraînant à la fois une utilisation imparfaite de l'espace aérien disponible et une surcharge de travail en temps réel des contrôleurs.

Un ordinateur, supposé programmé pour tirer tout le parti de l'information et des capacités de calcul dont il dispose en vue d'effectuer à la place des contrôleurs la tâche qui leur est actuellement dévolue, ne rencontrerait aucune de ces limitations. Il serait amené à élaborer une stratégie, une tactique et des décisions radicalement différentes de celles d'un contrôleur. Cette disparité de perception et d'appréciation de la situation et de son évolution constituerait une source irréductible d'incommunicabilité et d'incompréhension entre les contrôleurs et un ordinateur ainsi programmé. De même, les contrôleurs ne disposeraient pas du temps nécessaire pour interroger un tel ordinateur au coup par coup pour enrichir ou affiner leur connaissance de la situation actuelle et de son devenir, pour tester une solution ou pour lui faire effectuer à leur demande des calculs d'optimisation.

Enfin, dans l'état actuel de l'art de la technique, un tel ordinateur ignorant la démarche cognitive des contrôleurs et leurs intentions ne serait pas en mesure de leur apporter une assistance sous la forme et au moment opportuns et risquerait au contraire de perturber d'une manière intempestive le fil de leur pensée. Une proposition d'action proposée à un moment donné par l'ordinateur n'aurait aucune chance de s'insérer harmonieusement dans la stratégie élaborée par le contrôleur concerné, dont l'ordinateur n'a pas connaissance; de telles propositions ne pourraient que lui paraître incompréhensibles ou malvenues.

Pour ces raisons, et en l'état actuel de la technique, il n'existe aucun dispositif permettant à un ordinateur d'apporter en temps réel son assistance dans l'élaboration des décisions de contrôleurs, seuls maîtres de l'organisation de leur travail, de l'élaboration de leur stratégie et seuls juges et responsables de leurs décisions et de la sécurité.

Pour des raisons évidentes, la décision et la responsabilité dans un espace donné ne peuvent être qu'uniques et ne peuvent pas être partagées entre un contrôleur et un ordinateur sous peine de donner lieu à des situations dangereuses.

Pour l'ensemble de ces raisons, toutes les tentatives pour introduire un ordinateur dans les processus de décision des contrôleurs se sont jusqu'alors soldées par des échecs ou des résultats décevants. Inversement, il n'est pas envisageable d'introduire le contrôleur dans une boucle automatique dont la finalité et les processus lui échapperaient.

C'est ainsi que le système tel qu'il existe actuellement n'a pas évolué d'une manière significative depuis de nombreuses années; il en résulte qu'il ne peut toujours bénéficier

ni de toute la quantité et de toute la précision de l'information disponible, ni des capacités de calcul des ordinateurs pour la prévision, le suivi ou la résolution des conflits potentiels des avions deux à deux. La situation est ainsi bloquée en dépit du fait que le système soit doté d'ordinateurs puissants pour effectuer les seules fonctions limitées qui peuvent  
5 actuellement leur être dévolues.

Pour surmonter les obstacles précités, qui s'opposent à la communicabilité entre un contrôleur et un ordinateur pour l'exercice de la fonction de contrôle proprement dite, on pourrait songer à procéder directement à une automatisation intégrale du système. Une telle éventualité radicale pourrait être rendue théoriquement envisageable du fait qu'il  
10 devient possible d'équiper les avions d'ordinateurs de navigation et de commande ainsi que de liaisons automatiques de données air/sol et air/air. En théorie, il serait même envisageable de songer à renoncer au contrôle centralisé au sol pour conférer cette fonction au réseau des ordinateurs de bord des avions en relation deux à deux. Une troisième voie parfois suggérée consisterait à tirer tout le parti de la précision et de la  
15 souplesse de la navigation des avions gérée par ordinateur pour rendre le système déterministe et donc planifiable.

Toutes ces éventualités restent cependant à l'état de débats théoriques. En effet, la réalisation effective de tels systèmes automatisés se heurterait à au moins deux obstacles infranchissables: il faudrait d'une part que tous les avions soient simultanément équipés en  
20 conséquence au jour J et que, d'autre part, l'ensemble de tels dispositifs d'une extrême complexité ait pu au préalable être testé et certifié en environnement réel face à tous les aléas auxquels ils ne manqueraient pas d'être soumis.

Face à l'irréalisme d'une automatisation totale ou de la possibilité de mettre en oeuvre une coopération entre ordinateur et contrôleur, il résulte de l'état actuel de la  
25 technique que, non seulement les informations et moyens actuels sont incomplètement mis à profit, mais aussi que les moyens nouveaux susceptibles de les enrichir radicalement (navigation plus précise notamment par satellites, ordinateurs de bord et liaisons de données air/sol et air/air) restent inutilisables aux fins d'améliorer le contrôle de la circulation aérienne, alors que certains avions en sont déjà équipés et que d'autres  
30 pourraient l'être si un bénéfice pouvait effectivement en être tiré au profit du contrôle de la circulation aérienne.

Compte tenu de la saturation du système de contrôle de la circulation aérienne et du coût des retards qui en résulte, les compagnies aériennes seraient disposées à faire un effort

d'équipement si elles étaient assurées que l'efficacité du système pouvait en être ainsi immédiatement améliorée.

Le but de la présente invention est de surmonter tous les écueils inhérents à l'état actuel de l'art et d'ouvrir ainsi un champ nouveau à l'évolution de ce système, sans imposer  
5 pour autant d'équipements nouveaux des avions, puis de lui prodiguer une efficacité croissante au fur et à mesure que ces équipements deviendront plus nombreux, en raison même de leur contribution à la sécurité et à l'efficacité du système.

Cet objectif est atteint avec un dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne prévu pour équiper un système de contrôle de la  
10 circulation aérienne classique comprenant un ordinateur comportant un programme lui permettant de recevoir les informations concernant les plans de vol des avions et des Radars et de les élaborer et les présenter aux contrôleurs des secteurs de contrôle, lesdits contrôleurs disposant d'une liaison radiotéléphonique pour communiquer avec lesdits avions.

Certaines dispositions de l'invention nécessitent en outre que ce système soit complété par un programme additif déjà expérimenté prévu pour permettre au contrôleur d'élaborer et d'afficher une liste complémentaire, dite « Agenda du Contrôleur », des  
15 problèmes tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose.

Suivant l'invention, ce dispositif d'assistance automatisée comprend :

- des moyens pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,

- des moyens pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda Contrôleur  
25 et l'Agenda Ordinateur, prévus pour mettre en évidence chaque disparité de prévision entre lesdits Agendas,

- des moyens pour sélectionner ceux des problèmes retenus par le contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur,

- des moyens pour sélectionner parmi les paires d'avions celles dont le conflit peut  
30 être résolu par une modification des paramètres de vol (notamment vitesse ou taux de montée ou de descente, d'un ou des deux avion(s) concerné(s), moment de début de descente, écart latéral de la route .... ), ladite modification restant dans la limite des tolérances normales de suivi de leur plan de vol, et

- des moyens pour procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et le ou les contrôleurs, notamment par la voie d'écrans.

Le dispositif de l'invention peut en outre avantageusement comprendre des moyens pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur.

5 Il existe à ce jour des techniques d'élaboration de telles solutions optimales, dont on peut citer comme exemple, celles qui sont décrites dans le document « Optimal resolution of en route conflicts » par G. Granger, N.Durand and J.Alliot, 4th Air Traffic Management R. and D. Seminar 2001.

10 Le dispositif de l'invention tire avantageusement parti des nouveaux équipements conformes aux spécifications élaborées par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) (liaison de données) au fur et à mesure que les avions en sont équipés. A cet effet, il peut comprendre en outre :

- des moyens pour établir une liaison de données avec les ordinateurs de bord des avions,  
- des moyens pour recueillir automatiquement dans les ordinateurs de bord des  
15 informations complémentaires pour l'établissement de la liste des conflits de l'Agenda Ordinateur, et  
- des moyens pour élaborer et mettre en oeuvre des instructions en vue de l'évitement des avions; de les faire exécuter et d'en contrôler l'exécution par la voie d'une liaison automatique de données avec les ordinateurs de bord des avions.

20 Le dispositif selon l'invention respecte sans partage toute la responsabilité et la maîtrise des décisions des contrôleurs et préserve la totale autonomie de leurs choix stratégiques et tactiques comme de l'organisation de leur travail. Il ne leur impose aucune intervention ou manipulation non volontaire susceptible de perturber le déroulement de leur activité cognitive ou mnémonique.

25 Ce dispositif a été conçu sur la base d'une connaissance approfondie de la nature et de la spécificité du travail des contrôleurs et vise à leur permettre de bénéficier de toute l'information et des moyens de calcul actuels et futurs au sol comme à bord des avions.

Il met à la disposition des contrôleurs une palette de services et d'outils auxquels ils peuvent avoir recours à leur guise, si et quand ils le souhaitent; il peut en particulier  
30 recevoir des délégations de responsabilité de leur part.

Ce dispositif trouvera déjà son efficacité dans l'état actuel de l'équipement des avions et tirera profit de tout nouvel équipement en s'accommodant de leur disparité et de leur mixité.

L'invention sera mieux comprise si l'on approfondit la nature effective de ce qu'on appelle "conflit" entre avions, c'est à dire la reconnaissance à un moment donné d'un risque d'occurrence potentielle d'un abordage.

Il ne s'agit pas d'une prévision par "tout ou rien", comme il l'est souvent considéré, 5 mais d'une estimation *contingente* qui dépend de la qualité de l'information disponible (positions et vitesses) concernant les deux avions impliqués et de son traitement. C'est ainsi, par exemple dans le plan horizontal, qu'une imprécision, même faible, sur la connaissance de la vitesse sol des avions, par exemple 15 minutes à l'avance, peut transformer une déclaration de "conflit" en "non-conflit" ou inversement (la vitesse de 10 chaque avion est de l'ordre de 800 Km/h alors que les séparations minimales à assurer lors de croisement n'est que de l'ordre de 8 km).

L'estimation "conflit" ou "non conflit" est aussi une déclaration *évolutive* au fur et à mesure que s'approche le moment de collision potentielle : plus ce moment est lointain, plus cette estimation est floue. En revanche, plus ce moment est lointain, plus peuvent être 15 efficaces de faibles actions correctrices sur les vitesses.

Or, le contrôleur ne peut procéder sur l'écran Radar qu'à une appréciation grossière de la vitesse sol des avions ou de leur taux d'évolution verticale, et qu'à des calculs mentaux d'extrapolation approximatifs. Il en est de même dans le plan vertical.

Il en résulte que les contrôleurs sont contraints de prendre de larges marges 20 d'estimation, qui ont pour effet de retenir de nombreux « problèmes » dont beaucoup ne sont pas susceptibles de donner lieu à un conflit effectif ("faux conflits"), puis de procéder pour chacun d'eux à une mémorisation et à une surveillance permanentes de l'évolution de la situation, source d'une lourde charge de travail et d'attention qui contribue très significativement à leur stress et à la saturation de leur capacité mentale.

De surcroît, n'étant pas en mesure de déterminer avec précision comment agir sur la 25 vitesse horizontale ou verticale des avions, ils ne peuvent pas tirer le parti optimal de la capacité nominale de l'espace au voisinage des points de croisement des trajectoires.

Pour surmonter ces obstacles et tirer pleinement parti des capacités offertes par le traitement automatique des données, le dispositif convivial et évolutif d'assistance 30 automatisée aux contrôleurs de la circulation aérienne, objet de la présente invention, assure l'ensemble de fonctions décrites ci-dessous.

Il apporte une série de fonctions nouvelles au système classique de contrôle de la circulation aérienne tel qu'il fonctionne classiquement dans les grands Centres de Contrôle actuellement en service. Un tel système de contrôle comprend un ordinateur programmé en



sorte qu'il peut recevoir les informations concernant les Plans de vol des avions et en provenance des Radars, les élaborer, les corrélér et les présenter aux contrôleurs et assistants contrôleurs de chaque secteur de contrôle; ceux-ci disposent d'une liaison radiotéléphonique pour communiquer avec les avions.

5 Ce système peut être avantageusement complété par un système déjà expérimenté qui assiste les contrôleurs pour construire et afficher sur un écran supplémentaire une liste dite « Agenda contrôleur » des problèmes tels que lesdits contrôleurs peuvent les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont ils disposent. À titre d'exemple d'un tel système, on peut se référer au système dit ERATO et notamment au document « Mode  
10 d'emploi ERATO » par S. Abdesslem et C.Capsie, CENA Version 1.1, Mai 2000.

On appellera ci-dessous « Agenda Contrôleur » tout affichage des problèmes reconnus par les contrôleurs quel que soit le moyen retenu pour les expliciter et pour les afficher sur les écrans.

15 Le premier mérite de cette combinaison réside dans le fait que les contrôleurs disposent ainsi d'une visualisation matérielle des problèmes ordonnés dans le temps selon leur moment d'occurrence éventuelle; cette visualisation constituant le reflet matérialisé de la "mémoire opérationnelle" du contrôleur, qui en est soulagée d'autant, et devient un outil particulièrement efficace de coordination au sein de l'équipe de contrôle.

20 Le dispositif selon l'invention tire tout le parti du fait, jusqu'alors inexploité, que l'Agenda Contrôleur constituera pour l'ordinateur une source précieuse de connaissance de la représentation que se font les contrôleurs de la situation, compte tenu du flou dont sont affectées leurs prévisions. Il tire aussi bénéfice du fait que les conflits tels que présentés sur l'Agenda Contrôleur sont ordonnés dans le temps et que leur ordre, contrairement à celui du tableau classique (dits "de strips") concernant chacun des avions pris isolément, n'a pas  
25 lieu d'être manipulé par les contrôleurs à l'insu de l'ordinateur. De ce fait, les échanges bilatéraux entre les ordinateurs et les contrôleurs peuvent prendre comme base l'affichage ou la désignation de la ligne concernant le problème considéré ou l'un des avions concernés.

30 Dans une autre version de l'invention, l'Agenda Ordinateur, tel que décrit ci-dessous, est directement affiché au profit des contrôleurs et tient directement le rôle d'Agenda Contrôleur.

Le dispositif selon l'invention permet notamment de réaliser tout ou partie des fonctions suivantes:

- établissement et tenue à jour en mémoire d'une deuxième liste des conflits, dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur, cette liste incluant tous les conflits avant même que les avions impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire ;

- comparaison, paire d'avions par paire d'avions, de "l'Agenda Contrôleur" et de "l'Agenda Ordinateur", et mise en évidence de chaque disparité de prévision entre eux,

- recherche de ceux des problèmes de l'Agenda Contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur, et information de ce dernier que lesdits problèmes n'ont pas, ou n'ont plus, raison d'être pris en considération.

Compte tenu de l'imprécision de l'estimation effectuée par les contrôleurs, notamment lors de l'entrée d'un avion dans leur secteur, et de la faible valeur de la séparation minimale à assurer au moment du croisement de leurs trajectoires, la proportion de ces "faux conflits" est importante. Du fait de cette fonction, les contrôleurs se trouveront ainsi déchargés de la tâche importante consistant, soit à tenir leur attention en éveil permanent pour suivre inutilement l'évolution de nombreuses situations, soit à prendre une décision anticipée pour procéder à un évitement pénalisant pour l'avion et pour lui-même, alors qu'il ne se serait pas révélé nécessaire.

Le dispositif selon l'invention procure en outre les fonctions suivantes.

Il recueille, grâce à la liaison automatique de données vers les ordinateurs de bord des avions qui en sont équipés, des informations complémentaires pour affiner l'établissement de l'Agenda Ordinateur. Au fur et à mesure que les avions seront équipés d'ordinateurs de bord et de liaisons de données, la liste de "faux conflits" pourra être allongée en toute sécurité compte tenu des informations plus précises qui pourront être recueillies automatiquement. En particulier, ces liaisons permettront d'accéder à une meilleure connaissance des intentions du pilote, à la vitesse air mais aussi, grâce notamment au GPS ou autre moyen de navigation précise, aux vitesses sol, et de tenir à jour la connaissance de la vitesse du vent qui peut en être déduite grâce au passage des avions successifs.

Le dispositif d'assistance selon l'invention adresse en tant que de besoin aux ordinateurs des avions des instructions de vol, grâce à ces mêmes liaisons de données, en vue de modifier les paramètres de vol des avions. Toutefois, en raison de l'unicité de la

responsabilité dans un espace donné, il ne peut pas adresser de telles instructions sans demande ou accord préalable du contrôleur concerné.

Il met à profit le cas très important où cette dernière règle d'unicité de commande peut être transgressée dans la limite du flou de l'information du contrôleur, lequel flou  
5 résulte à la fois de la large tolérance dont la tenue des plans de vol des avions est affectée et de l'imprécision ajoutée par l'imperfection de la prévision effectuée par les contrôleurs.

Dans la limite de cette connaissance imparfaite de la part des contrôleurs, rien n'empêche le dispositif de régler finement à l'insu des contrôleurs les paramètres de vol d'un ou des deux avions concerné(s) suffisamment à l'avance pour assurer leur séparation  
10 au moment du croisement de leurs trajectoires. Ce dispositif utilise ainsi le flou de la vision du contrôleur pour en tirer avantage. Cette possibilité d'action *subliminale* permet au dispositif selon l'invention d'augmenter encore significativement le nombre de "faux conflits" de l'Agenda Contrôleur. Du fait de son caractère subliminal pour les contrôleurs, ce type d'action peut s'exercer à tout moment, et donc même si le conflit à éradiquer n'est  
15 susceptible d'intervenir que dans l'espace d'un secteur situé en aval de celui où l'avion évolue à un moment donné.

en disposant ainsi de plus de temps pour bénéficier de l'effet d'une modification, même minime, des paramètres de vol, cette fonction ainsi étendue contribue encore à diminuer le nombre de conflits résiduels qui devront être traités par les contrôleurs.

Une telle action *subliminale* vis-à-vis du contrôleur peut être étendue vis-à-vis du  
20 pilote. En effet, les pilotes confient très généralement la conduite effective du vol à un ordinateur (FMS), c'est-à-dire à un pilote automatique, auquel il se contente de faire connaître ses intentions (suivre un plan de vol introduit dans l'ordinateur, suivre une trajectoire d'atterrissage etc...). Le pilote automatique assure alors de lui-même le suivi de  
25 ces intentions et corrige en permanence l'assiette et la trajectoire de l'avion en fonction des aléas atmosphériques rencontrés.

Dans une certaine mesure, certains paramètres du plan de vol (vitesse, taux de montée ou de descente ....) sont fixés pour des raisons commerciales (compromis entre vitesse et consommation, par exemple.), sans raison directement liée à la sécurité du vol.

Avec le dispositif selon l'invention, les plans de vol déposés par le pilote avant le  
30 vol auprès des autorités de contrôle de la circulation aérienne comprendraient pour chaque type d'avion une vitesse de croisière et un taux d'évolution verticale standard, - cette évolution verticale étant fonction de la charge embarquée -, ainsi que les marges autour

desquelles ces paramètres peuvent être modifiées par le pilote ou par le contrôleur sans impact sur la sécurité du vol.

C'est ainsi que le pilote pourra librement choisir, dans ces limites, ses conditions de vol. Mais aussi, dans ces mêmes limites, le système de contrôle pourra rechercher des modifications a priori acceptables par le pilote et donc exécutables éventuellement par le pilote automatique sans son avis préalable. Dans ces conditions, les ordres subliminaux, - vis-à-vis à la fois du contrôleur et du pilote -, constituent, du point de vue du pilote automatique de l'avion, une simple contrainte à laquelle il doit réagir, qui est de même nature que les contraintes résultant des aléas aérologiques (vents, turbulences,...).

Dans les marges ainsi définies, le dispositif selon l'invention réalise ainsi ce qu'on pourrait appeler un « pilote automatique de contrôle de la circulation aérienne » susceptible de minimiser automatiquement le nombre de conflits réels tout en laissant à la fois le pilote et le contrôleur libres d'élaborer ou de modifier après accord mutuel leurs intentions ou leurs instructions à l'égard des deux automatismes concernés respectivement à bord et au sol.

Le dispositif d'assistance selon l'invention établit par ailleurs la liste des conflits qui risquent de se produire en grappe (clusters), c'est-à-dire quasi-simultanément à un moment futur, et propose en temps opportun aux contrôleurs des dispositions susceptibles de les prévenir; ces dispositions pouvant être proposées à un moment où un avion survole un secteur en amont de celui dans lequel un de ces conflits devrait avoir lieu. Le dispositif selon l'invention attire l'attention du contrôleur actuellement en charge de cet avion et lui suggère spécifiquement de mettre en oeuvre la solution proposée même si ledit contrôleur n'est pas en mesure d'en comprendre la raison et l'utilité.

Ce dispositif assure par ailleurs la surveillance permanente de l'évolution de la situation et intervient auprès des contrôleurs dans tous les cas d'aléas imprévus, voire de manquement des contrôleurs ou des pilotes. L'ordinateur détecte en particulier tout comportement d'un avion contraire aux informations dont il dispose et notamment tout comportement résultant d'une instruction de contrôle dont il n'aurait pas été informé.

Pour tous les conflits qui n'ont pas été éliminés par le jeu des fonctions précédentes, l'ordinateur affiche sous une forme appropriée (analogique ou numérique), au droit des problèmes résiduels, le temps à courir avant conflit réel ainsi que la séparation prévue des vols au moment de leur croisement.

Le dispositif selon l'invention recherche une ou plusieurs solution(s) parmi un ensemble de manoeuvres-types préalablement recensées et normées: changement de

vitesse ou de niveau ou de taux d'évolution verticale, évitement Radar classique, routes directes, suivi par un avion d'une courbe du chien visant, avec les marges nécessaires, un avion virtuel décalé de la séparation minimale de l'avion à éviter.

5 Lorsque les avions sont équipés en conséquence, le dispositif d'assistance selon l'invention ajoute à cette liste la délégation à des avions en conflit, de la mission d'assurer par leurs propres moyens leur séparation dans des conditions qu'il définit. Il s'agit, dans ce dernier cas, d'une décentralisation progressive au coup par coup du contrôle centralisé classique.

10 Par ailleurs, le dispositif selon l'invention fait connaître aux contrôleurs concernés, sur l'écran de leur Agenda, qu'il tient à leur disposition de telles solutions constamment remises à jour et le leur signale d'une manière biunivoque, par exemple par une icône spécifique, avec le conflit concerné.

15 Le dispositif d'assistance selon l'invention reçoit en outre, par l'intermédiaire de ce même écran, la demande éventuelle des contrôleurs visant à connaître la ou lesdites solution(s), et affiche, en ce cas et sur ce même écran, un clavier virtuel facilitant l'entrée des modalités de mise en oeuvre du type de solution choisie.

20 Ce clavier virtuel, propre à chaque fonction sélectionnée, élaboré selon chaque circonstance, devance les intentions probables du contrôleur en vue de lui permettre l'entrée du message par le jeu d'un très faible nombre de désignations parmi les blocs d'informations présentés.

Le dispositif d'assistance selon l'invention prend note de la solution choisie par les contrôleurs, que ceux-ci adressent alors par voie radiotéléphonique aux avions concernés. Ou à la demande des contrôleurs, il adresse directement lesdites instructions aux ordinateurs de bord des avions qui sont équipés en conséquence, puis en suit l'exécution.

25 Le dispositif selon l'invention tient à jour sur l'Agenda Contrôleur, selon des codes ergonomiquement choisis (couleur ou intensité de l'affichage, icônes, glissement latéral de ligne d'information ....), l'état de tous les problèmes: (faux conflits, conflits éliminés, conflits délégués par les contrôleurs à l'ordinateur puis éventuellement par celui-ci aux avions, conflits encore à résoudre par le contrôleur).

30 Outre sa fonction initiale, cet Agenda devient ainsi le "tableau de bord" de la situation, c'est à dire à la fois un indicateur des conflits restant à résoudre, un indicateur des délégations déjà effectuées au profit de l'ordinateur et un support de clavier virtuel de communication adapté à la spécificité de chaque transaction entre le contrôleur et l'ordinateur.

Outre les affichages ci-dessus précisés (Radar, Agenda), le dispositif selon l'invention élabore sur un des écrans une présentation d'ensemble des moments d'occurrence des conflits restant à résoudre échelonnés selon un axe gradué en temps, sur laquelle le contrôleur peut ajouter les moments auxquels il estime devoir vérifier l'état de  
5 chaque problème pour intervenir si nécessaire en fonction de l'évolution de la situation.

Dans une autre version de l'invention, le dispositif s'assistance élabore sur un écran une image faisant apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel sous forme d'un point, - et de son vecteur vitesse d'évolution associé -, dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où lesdits  
10 avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment.

A ce point figuratif d'une paire d'avions, est associé une étiquette donnant les indications nécessaires concernant lesdits avions, ainsi qu'un indicateur précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

15 Toutes ces présentations sont couplées entre elles de sorte que toute désignation d'un problème par un contrôleur sur l'une d'elle fait apparaître les avions concernés sur toutes les autres.

Le dispositif d'assistance selon l'invention apporte une sécurité complémentaire en cas d'incident affectant le système centralisé, par la subdélégation croissante de l'ordinateur  
20 au profit des ordinateurs de bord au fur et à mesure de l'équipement des avions à cet effet, et il facilite ainsi une transition douce vers un système de plus en plus automatisé.

Dans les stades avancés de l'automatisation, le nombre de problèmes restant à résoudre deviendra de plus en plus faible, de sorte que l'ordinateur sera en mesure de proposer au contrôleur une stratégie optimale pour en assurer la résolution puis se charger  
25 avec l'accord du contrôleur de sa mise en œuvre.

L'analyse ci-dessus d'un mode de fonctionnement du dispositif selon l'invention montre que celui-ci permet effectivement de surmonter les écueils qui s'opposaient en l'état de l'art à tout progrès significatif du système. Elle montre en particulier que ce dispositif permet d'atteindre tous les objectifs d'unicité de responsabilité, de convivialité, d'efficacité  
30 et d'évolution progressive qui lui ont été assignés.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre non limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 montre les éléments essentiels du dispositif d'assistance selon l'invention, dans leur environnement ;
- la figure 2 représente un exemple de réalisation du dispositif d'assistance selon l'invention ;
- 5 - la figure 3 représente schématiquement un exemple d'écrans de position de contrôle implémentés dans le dispositif d'assistance selon l'invention ;
- la figure 4 constitue un schéma de représentation des informations sur l'écran de l'Agenda Contrôleur ;
- la figure 5 montre l'équipement des avions et leurs liaisons avec l'extérieur, dans  
10 une application du dispositif d'assistance selon l'invention ; et
- la figure 6 illustre une seconde version de réalisation d'un dispositif d'assistance selon l'invention, dans lequel on génère sur un écran une image faisant apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel, sous forme d'un point dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment  
15 actuel du moment où ces avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation à ce moment.

On va tout d'abord décrire, en référence aux figures précitées, un exemple de réalisation d'un dispositif d'assistance selon l'invention. Ce dispositif complète un système désormais classique de contrôle de la circulation aérienne qui est composé d'un  
20 ordinateur 1 comportant des modules logiciels 2 lui permettant :

- de recevoir des informations concernant les plans de vol des avions 3, tels que les pilotes les ont déposés avant le vol, et des informations provenant des radars 4,
- d'interpréter ces informations, de les corrélérer et de les élaborer pour les présenter sur des écrans 5 des contrôleurs 6 et assistants contrôleurs 7 de chaque secteur de  
25 contrôle 8; ceux-ci disposant d'une liaison radiotéléphonique 9 pour communiquer avec des avions 10, 10'.

Le dispositif complémentaire comporte un module logiciel additif 11 assistant les contrôleurs pour leur permettre d'établir et d'afficher, sur un écran supplémentaire 12, une liste ordonnée dans le temps des problèmes 13, dite "Agenda Contrôleur", de sorte que ces  
30 contrôleurs sont en mesure de les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont ils disposent. Ce dispositif complémentaire comprend en outre un logiciel et un écran complémentaire 14 pour la gestion des coordinations entre les secteurs.

Le dispositif 15 selon l'invention comprend, en référence à la figure 2 :

- 14 -

- une liaison de données 16 entre l'ordinateur et les ordinateurs de bord 17 des avions qui sont équipés à cet effet, en vue d'y recueillir les données de vol et d'y adresser des instructions de contrôle,

5       - un module logiciel 18, 18' installé sur les ordinateurs de bord 17, 17' des avions 10, 10' pour leur permettre d'assurer deux à deux et par eux-mêmes la prévention de leur abordage,

10       - un module logiciel 19 permettant, sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur, de comparer les trajectoires prévues des avions et de rechercher tous les conflits potentiels afin d'établir et de tenir à jour une liste desdits conflits, dite "Agenda Ordinateur", laquelle inclut tous les conflits avant même que les avions impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire,

15       - un module logiciel 20 permettant de comparer, paire d'avions par paire d'avions, "l'Agenda Contrôleur" et "l'Agenda Ordinateur", et de mettre en évidence à chaque instant toute disparité de prévision entre eux,

      - un module logiciel 21 permettant d'établir, au sein de la liste 20 des problèmes de l'Agenda Contrôleur, la liste des problèmes qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur et qui n'ont pas lieu d'être pris en considération par les contrôleurs,

20       - un module logiciel 22 pour sélectionner, parmi les paires d'avions de la liste 20, ceux des conflits susceptibles d'être résolus par une modification des paramètres de vol (vitesse, taux de montée ou de descente, début de descente, écart latéral par rapport à la route nominale...) d'un ou des deux avion(s) concerné(s) qui reste dans la limite des tolérances normales de suivi de leur plan de vol et pour élaborer ces modifications et  
25       transmettre les instructions correspondantes par la liaison de données 16,

      - un module logiciel 23 permettant de rechercher parmi les conflits de la liste 20 ceux des conflits qui risquent de se produire quasi-simultanément (clusters) au sein des différents secteurs,

30       - un module logiciel 24 permettant de rechercher et de tenir à jour des solutions optimales à chacun des conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur 19 et plus particulièrement aux agrégats 23 de conflits (clusters),

      - une liste pré-établie 25 de types normés de solutions aux conflits (profils de montée ou descente, évitement dit Radar, route directe, délégation de contrôle aux avions...),



- 15 -

- un module logiciel 26 permettant de procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs 6 et assistants contrôleurs 7 par la voie des écrans 5, 12 et 14,

- un module logiciel 27 pour élaborer et pour afficher, en tant que de besoin, sur les Agendas Contrôleur, les différents types de fonctions propres au dispositif selon l'invention qui sont offertes par l'ordinateur et concernent chacun de ces conflits, lesquels types de fonction sont associés d'une manière biunivoque à la ligne concernant ce conflit sous forme d'icônes 28, de couleur, de signes ou de déplacement latéral des informations,

- un module logiciel 29 pour permettre d'interpréter les manoeuvres de désignation par le contrôleur de tel ou tel bloc d'information tel qu'affiché sur leurs écrans par l'ordinateur,

- un module logiciel 30 permettant de faire apparaître, sur les écrans des Agendas Contrôleurs 12, un clavier 31 adapté au message que le contrôleur est susceptible d'adresser à l'ordinateur à la suite de la désignation par celui-ci d'un des types de fonctions 25.

Il est à noter que le clavier 31 peut être de type virtuel et reconfigurable en fonction des situations traitées.

Ainsi complété par le dispositif selon l'invention, le système de contrôle est en mesure de tirer profit de toute les informations disponibles, notamment celles qu'il peut acquérir par les liaisons de données 16 avec les avions qui en sont équipés.

Le dispositif d'assistance selon l'invention est en mesure de fournir à tout moment aux contrôleurs un large éventail de services en fonction des circonstances et de leurs désirs, sans nécessiter de leur part une attention ou des manoeuvres pesantes ou susceptibles d'interférer avec le libre déroulement de leur pensée et de l'organisation de leur travail.

Parmi ces services, figurent notamment, en référence aux figures précitées et notamment à la figure 3:

- l'affichage sur des écrans 12.1, 12.2, en relation avec le problème concerné, d'un signal caractéristique faisant connaître selon les listes 13.1, 13.2 établies par les modules logiciels 21 et 22 que ce problème n'a pas lieu d'être pris en considération par le contrôleur, suivi de la désignation par le contrôleur dudit signal, faisant connaître qu'il en a pris connaissance, déléguant ainsi au dispositif la responsabilité, de surveiller l'évolution de la situation et de prendre les mesures nécessaires ;

- la transmission automatique, sans coordination préalable avec les contrôleurs, par la liaison de donnée 16 aux avions qui en disposent, d'une instruction de modification des

paramètres de vol entrant dans les tolérances normales affectant les plans de vol, suivie de l'affichage comme ci-dessus que le conflit n'a plus de raison d'être ;

- l'affichage sur les écrans 12.1, 12.2, en relation avec le conflit concerné d'un signal caractéristique faisant connaître que l'ordinateur tient à la disposition du contrôleur différents types de solutions normées choisies parmi la liste 25 et élaborés selon la liste élaborée par le module logiciel 25. Parmi les offres de service possibles, figurent notamment, si les avions sont équipés de la liaison de données 16, la délégation de responsabilité à l'ordinateur d'adresser lui-même les instructions aux avions conformément à la solution choisie par le contrôleur et en suivre l'exécution. Si les avions ne sont pas équipés de la liaison 16, le contrôleur peut prendre connaissance de cette solution, adresser lui-même les instructions aux avions par la liaison radiotéléphonique 9 et confirmer à l'ordinateur par désignation de cette solution la disposition qu'il a prise. Le contrôleur peut de même, s'il le souhaite, choisir un type de solution par désignation du signal caractéristique et déclencher ainsi l'apparition d'un clavier 31 adapté au type de solution désigné et lui permettant d'exprimer aisément ses intentions en vue, selon ses choix, de les faire exécuter par l'ordinateur ou de les mettre en oeuvre lui-même comme ci-dessus indiqué ;

- l'affichage, sur les écrans 14 des assistants contrôleurs 7 du secteur dans lequel les avions concernés évoluent à ce moment, d'un message selon la liste établi par le module logiciel 23 lui suggérant de modifier les paramètres de vol lorsque ceux-ci dépassent la tolérance normale des plans de vol, en vue d'éviter la formation de clusters ultérieurs, suivi de l'approbation éventuelle du dit assistant contrôleur et de l'envoi par lui-même des messages tels que suggérés par l'ordinateur, ou de l'envoi automatique par la voie de la liaison de donnée 16 si les avions en sont équipés.

Comme l'illustre la figure 6, on peut aussi prévoir, dans une autre version du dispositif selon l'invention, une visualisation, sur un écran SC, d'un point P représentatif d'un conflit entre deux avions, dont les coordonnées sont respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où les avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment. A ce point représentatif P, est associé un vecteur vitesse V, tandis qu'un vecteur VS représentatif de la distance de séparation de sécurité est fourni sur l'axe vertical des distances de sécurité.

- 17 -

Cet écran inclut également une étiquette E donnant les indications et renseignements nécessaires concernant lesdits avions, ainsi qu'un indicateur I précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

5 Le contrôleur dispose ainsi d'une vision dynamique de la situation et de son évolution, et plus particulièrement, d'un vecteur de déplacement du point représentatif de chaque conflit, permettant d'estimer dans quelle mesure il évolue vers la zone interdite de séparation de sécurité au moment du croisement effectif, ladite zone étant représentée par le vecteur VS sur l'axe vertical partant de l'origine et égal à ladite distance de sécurité.

10 Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne prévu pour équiper un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur
- 5 (1) comportant un programme lui permettant de recevoir les informations concernant les plans de vol (3) d'avions (10, 10') et des Radars (4), et de les élaborer et les présenter (5) aux contrôleurs (6) de secteurs de contrôle (8), lesdits contrôleur disposant d'une liaison radiotéléphonique (9) pour communiquer avec lesdits avions (10, 10'),
- 10 ledit système de contrôle comprenant en outre des moyens pour permettre à un contrôleur d'élaborer et d'afficher (12) une liste, dite « Agenda Contrôleur », des problèmes (13) tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose,
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- des moyens (19) pour établir et tenir à jour une liste des conflits, dite "Agenda
  - 15 Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,
  - des moyens (20) pour comparer, paire d'avions par paire d'avions, l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, prévus pour mettre en évidence chaque disparité de prévision entre lesdits Agendas,
  - 20 - des moyens pour sélectionner ceux des problèmes retenus par le contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur,
  - des moyens pour sélectionner parmi les paires d'avions celles dont le conflit peut être résolu par une modification des paramètres de vol, et
  - des moyens pour procéder à des échanges de messages entre l'ordinateur et le contrôleur.
- 25
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour élaborer des solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur.
- 30
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :
- des moyens pour établir une liaison de données avec les ordinateurs de bord des avions,

- des moyens pour recueillir automatiquement dans lesdits ordinateurs de bord des informations complémentaires pour l'établissement de la liste des conflits de l'Agenda Ordinateur, et
- des moyens pour élaborer des instructions en vue de l'évitement des avions.

5

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour faire exécuter les instructions d'évitement et en contrôler l'exécution par la voie d'une liaison automatique de données avec les ordinateurs de bord des avions.

10

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour modifier automatiquement ou après accord du pilote de l'avion concerné, via la liaison numérique (16), les paramètres de vol d'un ou des avion(s) concerné(s).

15

6. Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour modifier automatiquement ou après accord du pilote de l'avion concerné, via la liaison numérique (16), lorsqu'il en reçoit l'ordre de la part du contrôleur, les paramètres de vol d'un avion lorsque lesdites modifications font sortir la trajectoire dudit avion hors des tolérances de son plan de vol.

20

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour déterminer parmi les conflits de la liste de l'Agenda Contrôleur (13) ceux qui n'ont plus lieu d'être et pour le notifier sur l'écran (12) du secteur en charge des avions impliqués.

25

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour établir la liste des conflits (19) pour l'ensemble du trafic, incluant tous les conflits avant même que les avions impliqués entrent dans le secteur de contrôle dans lequel le conflit est susceptible de se produire.

30

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner dans la liste des conflits (19) les conflits particulièrement sensibles, notamment ceux qui vont donner lieu à des grappes de conflits (clusters) difficiles à résoudre, et des moyens pour proposer la modification des paramètres de vol d'un avion sur

- 20 -

l'écran (14) de l'assistant contrôleur (7) actuellement en charge de l'avion lorsque lesdits conflits n'interviendront que lors du survol d'un secteur ultérieur.

- 5 10. Dispositif selon l'une des revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour sélectionner dans la liste des conflits (19), les conflits particulièrement sensibles, notamment ceux qui vont donner lieu à des clusters difficiles à résoudre, et des moyens pour proposer des conditions de transfert sur les écrans (14) d'assistants contrôleurs des conditions de transfert d'un avion d'un de ces secteurs au suivant
- 10 11. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur les écrans (14) d'assistants contrôleurs, des propositions de résolutions anticipées de conflits notamment dans les cas les plus sensibles, soit pour des conflits qui n'interviendront que les secteurs suivants, soit pour les
- 15 coordinations entre deux secteurs.
12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur les écrans (12, 14) des types de messages de l'ordinateur au contrôleur, sous forme d'icônes (28) en relation biunivoque avec la paire
- 20 d'avion concernée, les dites icônes servant de touche virtuelle de clavier pour adresser en retour des messages à l'ordinateur concernant ledit conflit.
13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur l'écran (12), pour chaque conflit de l'Agenda
- 25 Contrôleur, une icône spécifique dont la désignation par le contrôleur fait apparaître un clavier virtuel (31) spécifiquement adapté à la situation.
14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur l'écran (12) ou (14), une icône dont la désignation,
- 30 par le contrôleur ou par l'assistant contrôleur, indique l'intention de celui-ci de connaître la ou (les) solution(s) que l'ordinateur a élaborée(s) puis d'informer l'ordinateur de la solution choisie.

- 21 -

15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que le jeu d'icônes (28) est prévu pour permettre au contrôleur de consentir, lorsqu'il les désigne, une délégation de responsabilité à l'ordinateur.
- 5 16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher sur un des écrans du contrôleur, au droit de l'affichage de chaque problème, une information sur le temps à courir avant le conflit réel et/ou la séparation prévue au moment du croisement.
- 10 17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour afficher, sur un des écrans du contrôleur, une présentation de l'ensemble des moments d'occurrence des conflits restant à résoudre, échelonnés selon un axe gradué en temps.
- 15 18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que les moyens d'affichage de la présentation des moments d'occurrence sont agencés de sorte que le contrôleur peut ajouter les moments auxquels il estime devoir vérifier l'état de chaque problème.
- 20 19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour élaborer sur un écran (SC) une image faisant apparaître chaque paire d'avions en conflit potentiel sous forme d'un point (P) et de son vecteur vitesse d'évolution, les coordonnées dudit point (P) étant respectivement en abscisse le temps qui sépare le moment actuel du moment où lesdits avions auront une séparation longitudinale minimale, et en ordonnée leur distance de séparation audit moment.
- 25 20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'il est agencé pour associer au point (P) figuratif d'une paire d'avions, une étiquette (E) fournissant les indications nécessaires concernant lesdits avions.
- 30 21. Dispositif selon l'une des revendications 19 ou 20, caractérisé en ce qu'il est agencé pour associer en outre au point figuratif d'une paire d'avions, un indicateur (I) précisant leur séparation verticale au moment de leur séparation horizontale minimale.

22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens agencés de sorte que toute désignation par un contrôleur d'un avion sur l'un quelconque des écrans, fait apparaître sur tous les autres écrans ledit avion et les avions en conflit avec lui.

5

23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour envoyer des instructions de contrôle aux ordinateurs de bord (17) des avions équipés, et des moyens pour recevoir de ceux-ci des informations sur l'exécution de ces instructions.

10

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens pour envoyer un message à deux avions en conflit lorsqu'ils sont dotés des équipements nécessaires pour leur sous-déléguer la responsabilité d'assurer leur séparation par leurs propres moyens.

15

25. Dispositif selon l'une des revendications précédentes et la revendication 15, caractérisé en ce qu'il est agencé pour assurer le repérage automatique de tout conflit délégué, de telle sorte que l'Agenda Contrôleur (12) constitue pour le contrôleur un tableau de bord permanent fournissant une liste des conflits délégués et une liste des conflits restant à résoudre.

20

26. Procédé d'assistance automatisée évolutive du contrôle de la circulation aérienne, mis en œuvre dans un système de contrôle de la circulation aérienne comprenant un ordinateur (1) programmé pour :

25

- recevoir les informations concernant des plans de vol (3) d'avions et des Radars (4) et les élaborer pour les présenter (5) à un opérateur contrôleur (6) d'un secteur de contrôle (8), ledit contrôleur disposant d'une liaison radiotéléphonique (9) pour communiquer avec lesdits avions (10), et

30

- élaborer et afficher (12) une liste, dite "Agenda Contrôleur », des conflits (13) tels que ledit contrôleur peut les prévoir avec les seules informations et moyens d'analyse dont il dispose,

caractérisé en ce que ce procédé comprend :



- un établissement et une actualisation d'une liste des conflits (19), dite "Agenda Ordinateur" sur la base de l'ensemble des moyens d'information et de calcul dont dispose l'ordinateur,
- une comparaison, paire d'avions par paire d'avions, de l'Agenda Contrôleur et l'Agenda Ordinateur, de façon à mettre en évidence chaque disparité de prévision entre lesdits Agendas,
- une sélection de ceux des problèmes retenus par le contrôleur qui ne tiennent leur source qu'au manque de précision de la prévision effectuée par le contrôleur, et
- une sélection parmi les paires d'avion, de celles dont le conflit peut être résolu par une modification des paramètres de vol.

27. Procédé selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une élaboration de solutions optimales aux conflits figurant dans l'Agenda Ordinateur.

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :
- une liaison entre l'ordinateur au sol et celui des avions en vue de constituer, par action subliminale vis-à-vis du contrôleur et du pilote, un « pilote automatique du contrôle de la circulation aérienne »
  - des échanges de messages entre l'ordinateur et les contrôleurs (6) via des écrans (5), et
  - une élaboration et une mise en oeuvre d'évitements des avions via ladite liaison de données (16) avec les ordinateurs de bord (17) des avions.

1/4

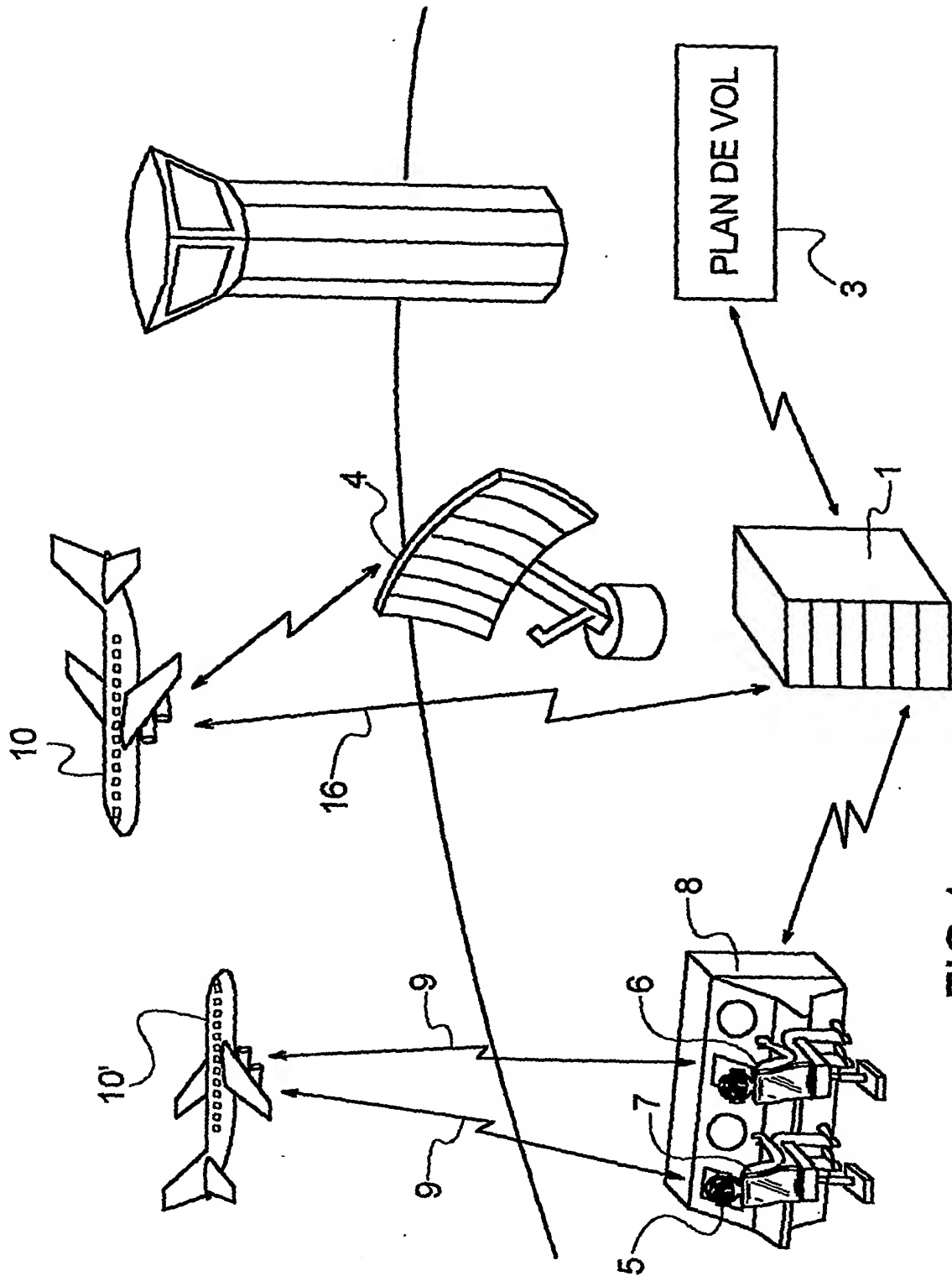
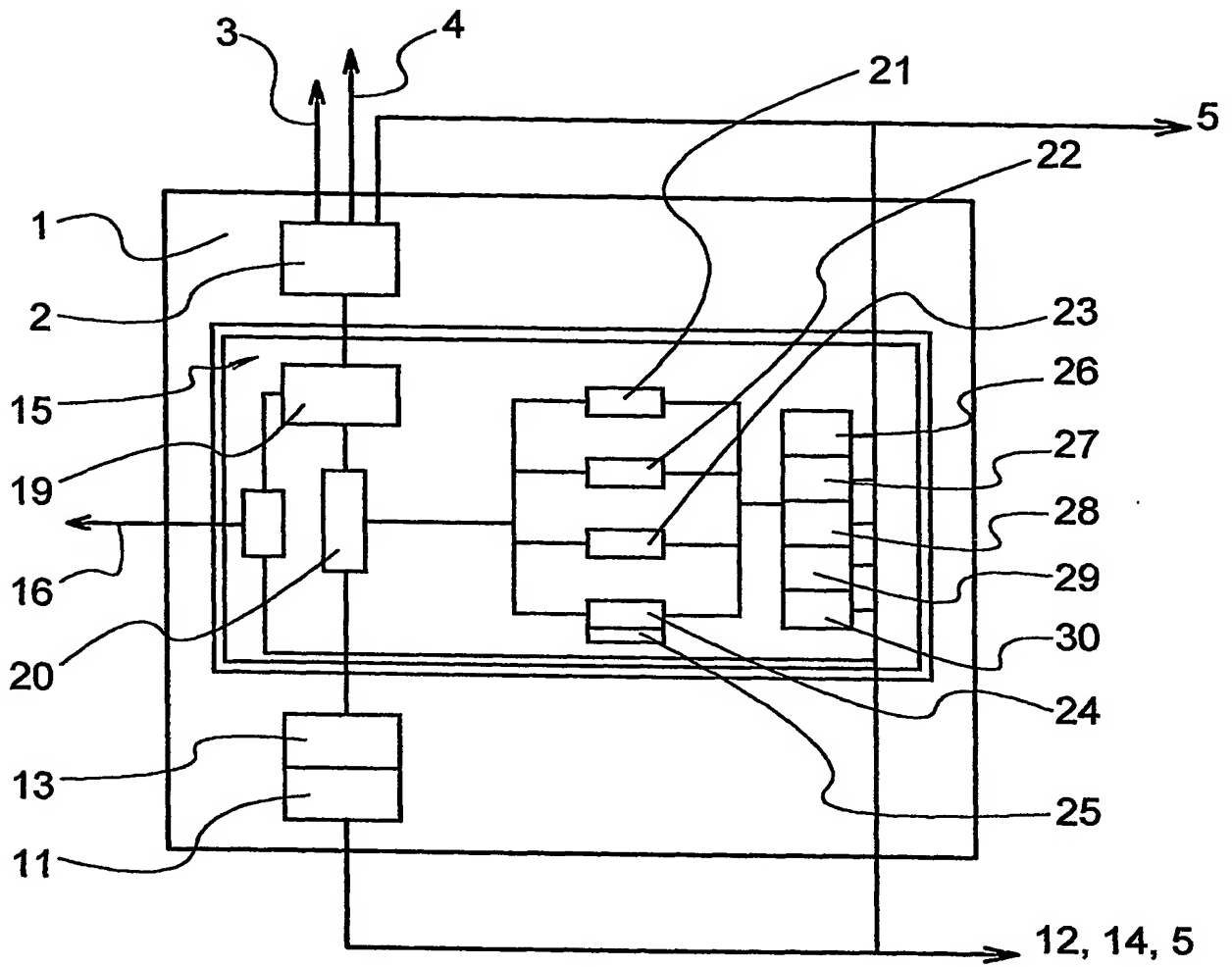
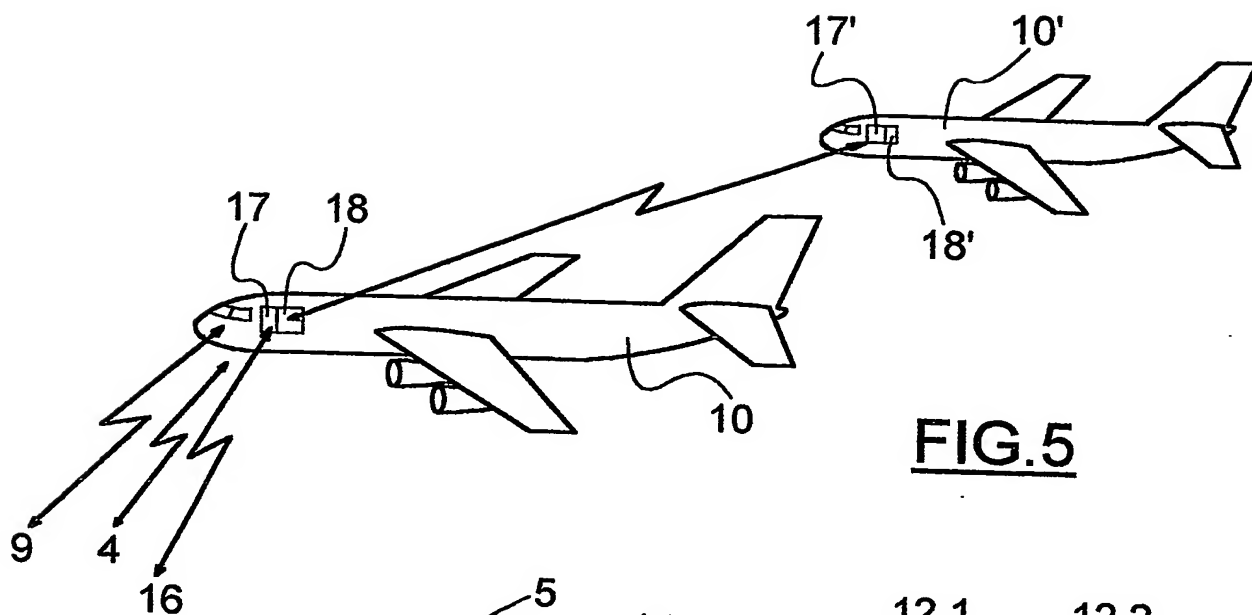


FIG.1

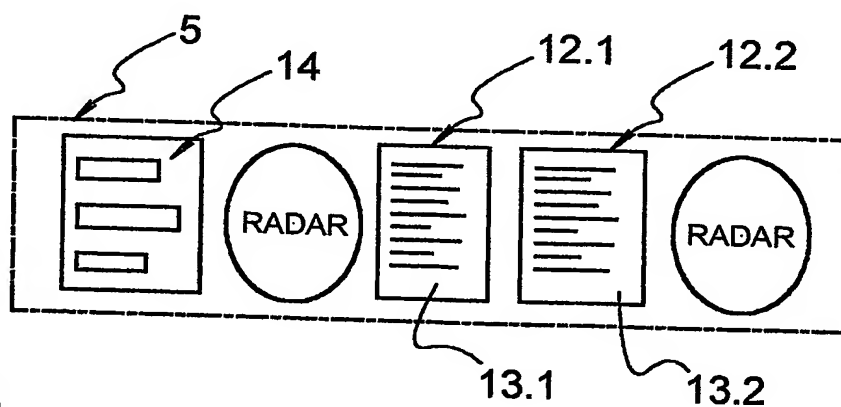
2/4

FIG.2

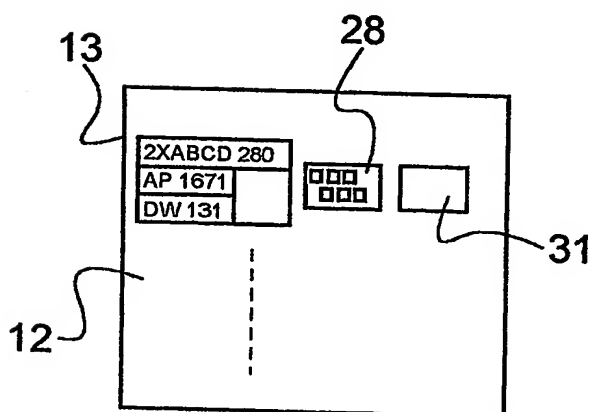
3/4



**FIG. 5**



**FIG. 3**



**FIG. 4**

4/4

